

## Comunicación AII-4

# CICLONES DE NIESOESCALA Y LLUVIAS INTENSAS EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

Agustín Jansà

Ana Genovés

CMT de Baleares, INM

Ricardo Riosalido

Olinda Carretero

STAP, INM

### RESUMEN

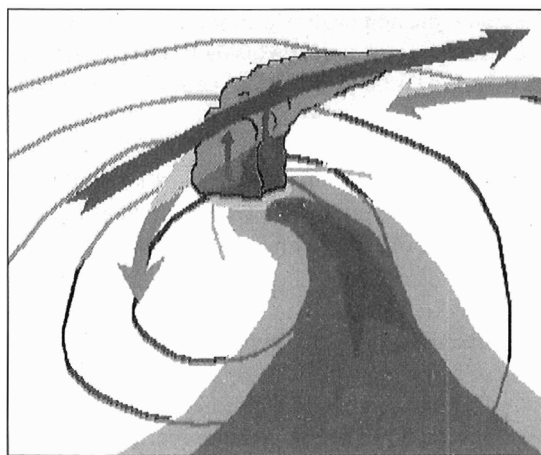
*En este trabajo se cruza información procedente de bases de datos sistemáticas e independientes de ciclones, lluvias fuertes y sistemas convectivos de mesoescala (SCM) en el área del Mediterráneo occidental, a la búsqueda de relaciones entre esos fenómenos. En particular, se contrasta con los datos la idea de que los ciclones mediterráneos, incluso débiles y pequeños, juegan un papel relevante en la localización, arranque y sostenimiento de las lluvias fuertes (y SCM) de la región. Para ello, se hace un triple estudio de simultaneidades, lluvia fuerte y centro ciclónico cercano, lluvia fuerte y SCM presente y SCM y centro ciclónico cercano. Resultan muy frecuentes las simultaneidades primera y tercera, lo que valida la idea enunciada.*

### 1. Modelo conceptual y antecedentes

Hace ya tiempo que venimos planteando la idea de que la localización y frecuencia relativamente alta de las grandes lluvias mediterráneas, una de las manifestaciones más trascendentes de la singular meteorología regional, tiene una estrecha relación con la generación y posición de ciclones (depresiones) mesoescalares. En este apartado se expone sucintamente el modelo conceptual que concreta la anterior idea y se recuerdan algunos trabajos previos que han ido consolidándola.

#### 1.1. Modelo conceptual

Queda gráficamente expuesto en la Fig. 1. En ambiente de inestabilidad convectiva o próximo a ella, la presencia de un ciclón, incluso pequeño y



**Fig. 1.** Modelo conceptual de relación entre centro ciclónico y lluvia fuerte. El centro ciclónico organiza la alimentación de la convección

poco intenso, organiza el flujo de nivel bajo y proporciona alimentación cálido-húmeda, intensificada y delimitada, inestabilización, por la propia alimentación cálido-húmeda, y mecanismo de disparo, por la delimitación y organización de la advección cálido-húmeda, resultando convección focalizada y persistente, no necesariamente muy profunda, ni severa, pero capaz de arrojar grandes precipitaciones. Obsérvese que la localización adecuada del centro ciclónico respecto de la lluvia fuerte ha de ser tal que el flujo organizado esté formado por el aire mediterráneo más cálido y húmedo. Para lluvias fuertes en pleno mar o en las costas occidentales y septentrionales, esa localización adecuada estará hacia el sur (SW-SE).

## 1.2. Antecedentes

La argumentación previa más sólida en favor del modelo conceptual arriba expuesto nos la dan los experimentos numéricos realizados sobre los casos de lluvia fuerte Gandía 1987 y Mallorca 1989 (Jansà y otros, 1991; Rodríguez y otros, 1991): resultó de los experimentos que cuanto más capaz es el modelo numérico de reproducir fielmente el meso-ciclón presuntamente implicado, más realista es la predicción de lluvia fuerte que hace dicho modelo.

Anteriormente habíamos visto, utilizando diagnóstico cuasi-geostrófico sobre distintos tipos de análisis, que sólo cuando el análisis reproduce y sitúa adecuadamente la depresión supuestamente implicada el diagnóstico identifica adecuadamente la existencia-localización de la zona de forzamiento asociada a la lluvia fuerte (Jansà y otros, 1986). Resúmenes generales sobre este planteamiento, aportando además otros ejemplos, expuestos sinópticamente, pueden verse en Jansà (1987), Jansà (1992), Jansà (1996), Jansà y otros (1994), Jansà (1995) y Jansà y otros (1995).

Todas las referencias anteriores, no obstante, se referían o aportaban casos individuales específicos. Hacía falta contrastar las hipótesis con una investigación más sistemática y general, lo que constituye el objeto del presente trabajo.

## 2. Bases de datos: ciclones, lluvias y vientos fuertes, SCM

El presente trabajo se fundamenta en el cruce de bases de datos obtenidas independiente y sistemáticamente. Se describen a continuación, sucintamente, esas bases de datos.

### 2.1. Base de datos de ciclones

En el CMT de Baleares, dentro del Programa PEMMOC, desde finales de 1991 se vienen archivando datos sobre ciclones observados en el Mediterráneo occidental, incluso pequeños y débiles, incluyendo localización y presión central y en periferias a 200 y 400 km y magnitudes derivadas (intensidad y vorticidad), publicándose gran parte de los datos en el *Boletín* PEMMOC. La base de partida son análisis subjetivos, reanalizados, a las 00 y 12 UTC de cada día. La base de datos hasta final de 1995 contiene varios miles de registros (ciclones detectados).

Realizan los análisis operativos los analistas-predictores del GPV de Baleares y reanalizan y extraen información J. Campins, A. Genovés (coordinadora del trabajo) y M. A. Picornell. Los datos obtenidos son grabados sobre soporte informático por I. López Becerra.

### 2.2. Base de datos de lluvias fuertes y vientos fuertes

También en el CMT de Baleares, dentro del PEMMOC y desde finales de 1991 se archivan datos de episodios de lluvia fuerte y viento fuerte en la región mediterránea occidental española, francesa y argelina. Se toma como umbral de lluvia fuerte, 60 mm/24 h en España y Francia y 30 mm/24 h en Argelia. Umbral de viento fuerte, rachas de 80 km/h en España (salvo Tarifa) y Argelia y 100 km/h en Tarifa y Francia. A. Genovés coordina la operación y han seleccionado episodios y suministrado datos el CMT de Cataluña (A. Martínez Albaladejo y L. Vázquez), CMT de Valencia (Víctor Alcover y Mercedes Alemán), CMT de Murcia

(Fermín Gallego y Ramón Garrido), CMT de Andalucía Oriental (J. L. Ramírez Olalla), CMT de Andalucía Occidental (L. López Muñoz, F. Montero y L. F. López Cotín), *Météo-France*, DIRSE (J. C. Rivrain) y *Off. Nat. de la Météorologie* (Argelia) (B. Hamadache). Muchos de los casos seleccionados son incluidos y referenciados, incluso ilustrados, en el *Boletín PEMMOC*, siendo, además, grabados sobre soporte informático.

### 2.3. Base de datos de Sistemas Convectivos a Mesoescala

Mediante un método de detección y selección objetiva a partir de imágenes de satélite desarrollado por el STAP (Riosalido, 1991, Carretero y otros, 1996, etc.), dicho Servicio viene archivando sistemáticamente abundantes datos sobre Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), desde 1989, aunque solamente durante los períodos de Campaña PREVIMET MEDITERRÁNEO, 15-Ago/30-Nov, aproximadamente. Para el presente trabajo ha sido utilizado un subconjunto de la amplia base de datos existente, limitada en el tiempo a las campañas Previmet Mediterráneo 1992, 1993 y 1994, y, en cuanto a contenido, a posición trihoraria de los SCM observados.

La base de datos de SCM ha venido siendo construida por M. Canalejo, O. Carretero, F. Elizaga, F. Martín y R. Riosalido. Todos los casos y parte de la información están publicados en *Notas Técnicas del STAP* (Núms. 1 -1991-, 9 -1993-, 12 -1993-, 14 -1994- Y 15 -1994-).

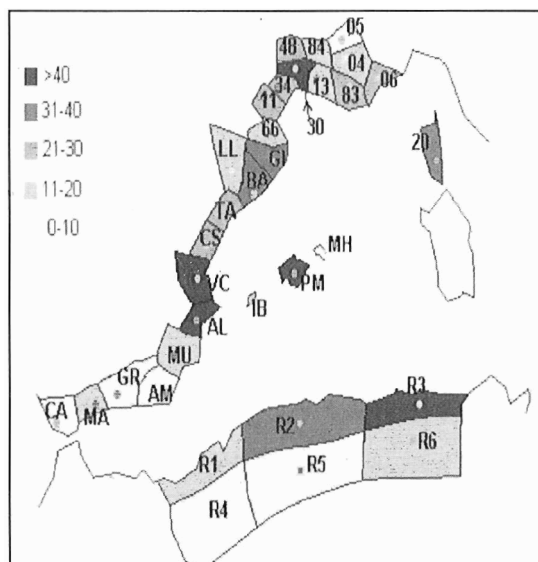
### 3. Presencia y localización de ciclones en simultaneidad con lluvia fuerte

Éste es el primer conjunto de resultados obtenidos a partir del cruce entre las tres bases de datos mencionadas. Se ha procedido del siguiente modo:

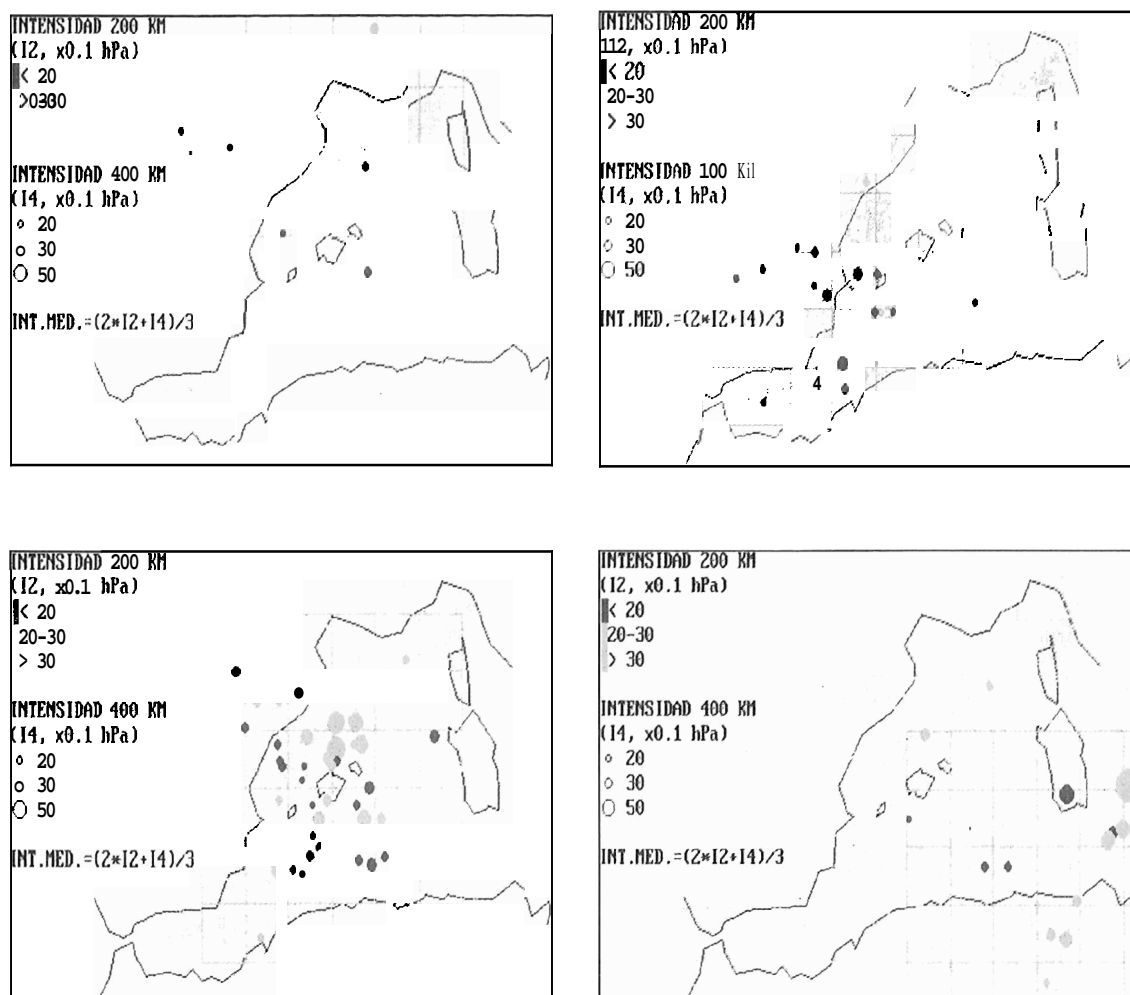
El área terrestre bajo estudio (zonas costeras mediterráneas de Francia, España y Argelia) ha sido departamentalizado (departamentos, provincias, islas, regiones) en la forma que se reproduce en la Fig. 2. Se ha definido como episodio el día pluviométrico (07 h del día a 07 h del día siguiente) en que se ha superado el umbral de lluvia fuerte en cualquier punto de un departamento. Un mismo día puede haber varios episodios, correspondientes a varios departamentos.

A partir de la base de datos de lluvias fuertes y vientos fuertes, se han detectado los episodios a considerar. Para cada departamento y cada episodio, identificados por fecha (día D) y localización (centro geográfico del departamento afectado) se ha explorado la base de datos de ciclones, buscando posibles ciclones observados en la misma fecha del episodio a las 12 UTC o el día D+1 a las 00 UTC, es decir, dentro del día pluviométrico del episodio. De todos los centros ciclónicos encontrados, se ha reservado el más próximo a la localización —situación e intensidades— como presuntamente implicado en la lluvia fuerte. Los resultados son, para cada localización, matrices de frecuencias de posición relativa lluvia-ciclón y de intensidad de centros ciclónicos simultáneos a lluvia fuerte. (Intensidad de un centro ciclónico es, aquí, la diferencia de presión entre la periferia —200 ó 400 km— y el centro del ciclón. No se han considerado ciclones de intensidad menor a 1 hPa para alguno de los dos radios).

Al mismo tiempo, para cada localización y para comparación, se han explorado y detectado todos los ciclones observados, con o sin lluvia fuerte, reservándose el más cercano de cada fecha, si hay varios.



**Fig. 2.** Zona de estudio, departamentalización (códigos de localización) y frecuencia absoluta de episodios de lluvia fuerte, período dic 91/nov 95



**Fig. 3.** Posición e intensidad de los ciclones simultáneos a lluvia fuerte (círculos) en cuatro localizaciones tipo con alta frecuencia de episodios (códigos 30, VC, PM y R3, véase Fig. 2). El brazo de la rejilla mostrada es de 150 km. El punteado de fondo son todos los ciclones, con o sin lluvia fuerte

El proceso se ha repetido para localizaciones agrupadas (áreas más extensas que el departamento). También, para todo el área estudiada, en conjunto.

Se ha repetido, también, para otro umbral de lluvia fuerte ( $> 100$  mm/24 h), tanto en localizaciones concretas como agrupadas, incluso todo el área.

La Tabla 1 resume algunos de los resultados obtenidos, para localizaciones concretas y agrupadas y distintos umbrales.

**Tabla 1***Resumen sobre simultaneidad entre lluvia fuerte y ciclón próximo para diferentes localizaciones y zonas*

Umbral lluvia mm/día	Código-zona	Núm. casos	Presencia próxima de centros ciclónicos	
			Frecuencia % de casos	Direcciones dominantes
60	20-Córcega	29	94	NW, SW, SE
60	06-Francia	22	85	SW, SE
60	30-Francia	33	73	SW, SE
60	48-Francia	21	72	SW, SE
60	Francia SE	190	82	SW, SE
60	BACataluña	33	88	SW, SE, NW
60	GICataluña	36	78	SE
60	TACataluña	23	87	NW, SE
60	Cataluña	110	85	SE, NW, SE
60	AL-Valencia	41	90	SW, SE
60	CS-Valencia	22	86	SE, SW
60	VA-Valencia	52	92	SW, SE
60	ValenciaMu	131	90	SW, SE
60	Andalucía	39	62	SW, SE
60	PMBaleares	61	93	SW, NW, NE
60	Baleares	75	95	SW
30	R2-Argelia	12	39	NE, NW
30	R3-Argelia	20	49	NE
30	Argelia	45	43	NE
60130	TODAS	721	79	SW, SE
100	TODAS	204	89	SW, SE

#### 4. Presencia y localización de SCM en simultaneidad con lluvia fuerte

A partir de un subconjunto de la base de datos de lluvias fuertes, temporalmente coincidente con datos de SCM (15 de agosto a 30 de noviembre, 1992-93-94), se han identificado los episodios, por fecha (día pluviométrico), localidad por localidad, y se ha explorado la base de datos de SCM, buscando presencia de SCM a las 09, 12, 15, 18 ó 21 UTC del día de la fecha o a las 00, 03 ó 06 UTC del día siguiente, seleccionándose como SCM presumiblemente responsable de la lluvia el más cercano de los hallados, si había alguno, siempre que estuviera a menos de 150 km de la localidad a cualquiera de las horas citadas.

Resulta que sólo el 7% de los episodios de lluvia fuerte mediterráneos se presentan en simultaneidad con un SCM. En la inmensa mayoría de los casos no hay SCM asociable. No obstante, para interpretar los resultados hay que tener en cuenta que la base de datos de SCM está sesgada, en el sentido de que no es exhaustiva para el S, E y NE de la zona: en esas zonas puede haber habido lluvias fuertes en coincidencia con SCM, sin que haya constancia del SCM. Por otra parte, la base de datos de lluvias fuertes no distingue entre los episodios en función de la extensión de la lluvia fuerte. En muchos de los casos la lluvia fuerte es sólo local. En estos casos no es probable que haya un SCM asociado.

El porcentaje de simultaneidad lluvia fuerte-SCM casi se duplica cuando aumentamos el umbral de 60130 mm/día a 100 mm/día. Resulta ser del 13%, todavía bajo.

Procediendo a la inversa, hemos encontrado que 34 días de los estudiados ha habido SCM que han pasado sobre tierra (a menos de 150 km del centro de alguno de los departamentos). En 18 de dichos días (53%) Sí consta lluvia fuerte ( $> 60 \text{ mm}/24 \text{ h}$ ) en alguna de las localidades potencialmente afectadas.

Por otro lado, no es posible saber cuántos casos hay de SCM pasando a menos de 150 km del centro de alguno de los departamentos que, no habiendo dado lluvia fuerte en tierra, la hayan dado sobre el mar.

**Fig. 4.** Posición relativa de centros ciclónicos simultáneos a SCM. La posición del SCM es el centro de coordenadas. El brazo de rejilla es de 150 km.

600 km). El porcentaje aumenta al 90% para el SE de Francia, Baleares y Valencia-Murcia. El porcentaje también aumenta al 90% para toda la región si sólo se consideran las lluvias más fuertes ( $> 100 \text{ mm}/24 \text{ h}$ ).

El 70-80% de los centros ciclónicos simultáneos a lluvia fuerte se encuentran situados de modo compatible al modelo conceptual expuesto al principio (en más del 60% de todos los episodios de lluvia fuerte) y por tanto son presuntamente asociables a la lluvia fuerte. La mayor parte de los centros ciclónicos asociables a lluvia fuerte son débiles o moderados. Las localizaciones preferentes para los centros ciclónicos asociables a lluvia fuerte son Alborán-Palos-Argelia, Mar Balear, León-Provenza, Mar Catalano-Balear y norte de Pirineos. Los centros ciclónicos situados en sur de Pirineos y sur de Alpes-Génova (los más frecuentes del Mediterráneo) raramente son asociables a lluvia fuerte.

De los datos disponibles se desprende que la inmensa mayor parte (más del 90%) de los episodios de lluvia fuerte mediterráneos NO llevan aparejada la presencia de SCM. Sólo una pequeña parte de las lluvias fuertes mediterráneas se explica por la presencia de un SCM. Hay que tener en cuenta, no obstante, un sesgo de la base de datos de SCM, que infravalora la presencia de dichos SCM, al menos en el S y NE de la región y, sobre todo, que el porcentaje de simultaneidad SCM-lluvia fuerte se duplica al aumentar el umbral de lluvia a  $100 \text{ mm}/24 \text{ h}$ . Sería interesante, además, ver cómo cambian los porcentajes cuando se pueda incluir la variable extensión con referencia a la lluvia fuerte.

Al menos el 50% de los SCM observados en tierra o cerca Sí llevan aparejada lluvia fuerte sobre tierra. Otros pueden haberla dado sobre el mar. Se puede presumir que un alto porcentaje de SCM viajando sobre el mar den lluvia fuerte, aunque no es comprobable.

La mayor parte (casi 70%) de los SCM observados tienen cerca un centro ciclónico. En más del 80% de esos casos (60% de todos los SCM) el centro ciclónico está situado de un modo compatible con el modelo conceptual expuesto al principio, de modo que puede ser asociable al SCM.

Se puede considerar validado el modelo conceptual expuesto en relación con muchas de las lluvias fuertes mediterráneas y muchos de los SCM de la región: existe un centro ciclónico cercano, generalmente inesoalgar, responsable de organizar el flujo, garantizando y focalizando la alimentación cálido-húmeda necesaria para generar y sostener la lluvia fuerte (o el SCM).

No fue un error, por tanto, considerar que el estudio de las especificidades mediterráneas, en particular, en relación con los fenómenos adversos, debía ser globalizador, entrelazando ciclogénesis y alteraciones mesoescalares de la presión con lluvia fuerte (y viento fuerte), como se hizo al diseñar el PEMMOC.

La importancia de los ciclones mediterráneos, incluso débiles y inesoescalares, resulta resaltada y con ello la necesidad de un buen análisis y predicción de tal tipo de configuraciones.

#### Referencias

Carretero, O.; M. Canalejo y R. Riosalido, 1996: *Características de los sistemas convectivos durante la campaña Previmet Mediterráneo-90. III Simposio Nacional de Predicción del INM*, pp. 601-609.

Jansà, A.; C. Ramis y S. Alonso, 1986: *La tormenta mediterránea de 15 de noviembre de 1985: mecanismo de disparo. Revista de Meteorología*, núm. 8, pp. 7-19.

Jansà, A., 1987: *Saharan advections in the West Mediterranean. WMO PSMP Rep. Ser. No. 26*, pp. 51-67.

Jansà, A.; J. A. García-Moya y E. Rodríguez, 1991: *Numerical experiments on heavy rain and Mediterranean cyclones. WMO/TD No. 420*, pp. 37-47.

Jansà, A., 1992: *Severe weather and cyclogenesis: a Western Mediterranean look. ICS/ICTP/WMO Internat Workshop on Mediterranean Cyclones Studies, Trieste*, pp. 51-56.

Jansà, A., 1996: *Ciclogénesis y lluvia fuerte en el Mediterráneo, hechos, incertidumbres y problemas. III Simposio Nacional de Predicción del INM*, pp. 531-540.

Jansà, A.; D. Radinovic; P. Alpert; A. Genovés; J. Campins y M. A. Picornell, 1994. *Mediterranean cyclones: Subject of a WMO Project. The Life Cycles of Extratropical Cyclones, Bergen*, vol. 2, pp. 26-31

Jansà, A., 1995: *Peculiaritats meteorològiques de la Mediterrània occidental. Butll. Soc. Cat. Ciènc.*, vol. XV, pp. 91-97

Jansà, A.; A. Genovés; J. Campins y M. A. Picornell, 1995: *Mediterranean cyclones and Alpine heavy-rain flood events. MAP Newsletter*, No. 3, pp. 35-37.

Riosalido, R., 1991: *Caracterización mediante imágenes de satélite de los sistemas convectivos de mesoescala durante la campaña Previmet Mediterráneo-89. II Simposio Nacional de Predicción del INM*, pp. 135-150.

Rodríguez, E.; J. A. García-Moya y A. Jansà, 1991: *Resultados de experimentos numéricos en casos de episodios de lluvias fuertes en el Mediterráneo. II Simposio Nacional de Predicción del INM*, pp. 205-218.

#### Agradecimientos

*Este trabajo no hubiera sido posible sin la contribución de todas las personas que han trabajado en la generación de las bases de datos de ciclones, fenómenos adversos y SCM, que son los que se citan en el texto (apartado 2).*

*Este trabajo se encuadra en el Proyecto CLI95-1780, parcialmente subvencionado por la CICYT.*